

Matias Saarela

## **EBS-jarrusimulaattorin toteutus**

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Matias Saarela

Työn nimi: EBS-jarrusimulaattorin toteutus

Ohjaaja: Hannu Ylinen

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 43

Liitteiden lukumäärä: -

---

Tässä opinnäytetyössä valmistettiin EBS-jarrusimulaattori Seinäjoen ammattikorkeakoulun autolaboratorioon opiskelijakäyttöön. Työ tehtiin vanhaan paineilmajarrusimulaattorin karryyn, jossa karry muutettiin EBS-toimiseksi. Vanha jarrusimulaattori oli mekaanisilla osilla varustettu ja se ei vastannut nykyaikaisia raskaan kaluston jarrujärjestelmiä. Työn tavoitteena on tuoda opiskelijoille käytännön tietämystä enemmän EBS-jarrujärjestelmiin. Työ tuli ajankohtaiseksi, kun autolaboratorion budjettiehdotus hankkeeseen liittyen saatiin läpi.

Työssä käydään läpi hieman raskaan kaluston jarrujärjestelmien elinkaarta ja perehdytään Wabcon EBS-järjestelmiin raskaan kaluston karryissä kokonaisvaltaisesti. Simulaattori rakennettiin Wabcon osilla vastaamaan mahdollisimman hyvin nykyaikaista puoliperävaunun jarrujärjestelmää. Työssä tutustuttiin myös simulaatio-oppimiseen ja opiskelijoille suunniteltiin laboratorioharjoitus.

Avainsanat: simulointi, simulaattorit, jarrujärjestelmät, lukkiutumattomat jarrut, ajoneuvoyhdistelmät, perävaunut, EBS

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Matias Saarela

Title of thesis: Producing an EBS braking simulator

Supervisor: Hannu Ylinen

Year: 2017

Number of pages: 43

Number of appendices: -

---

In the thesis an EBS braking simulator was developed for the purpose of student use at the automotive laboratory of the Seinäjoki University of Applied Sciences. The work was done on an old pneumatic trailer brake simulator, where the whole trailer was modified to EBS. The old brake simulator was fitted with mechanical parts and did not match to modern braking systems in commercial vehicles. This work became topical, when the automotive laboratory's budget proposal for the project was approved.

The thesis briefly went through the life cycle of braking systems in commercial vehicles and offered more thorough study of Wabco's trailer EBS systems. To match the modern semi-trailer braking systems as much as possible, the simulator was built exclusively using Wabco parts. Simulation learning was also introduced in the thesis, and laboratory exercises were planned for students.

Keywords: simulation, simulators, braking systems, EBS, articulated vehicles, trailers

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO .....	8
1.1 Toimeksiantaja .....	8
1.2 Työn tausta .....	8
1.3 Tavoitteet .....	9
1.4 Työn rajaaminen .....	9
2 RASKAAN KALUSTON JARRUJÄRJESTELMIEN KEHITYS .....	10
2.1 Perinteinen paineilmajarrujärjestelmä .....	10
2.2 ABS-jarrujärjestelmä .....	11
2.3 EBS-jarrujärjestelmä .....	11
3 EBS-JÄRJESTELMÄ PERÄVAUNUSSA .....	13
3.1 Toimintaperiaate .....	13
3.2 Komponentit .....	14
3.2.1 PREV-venttiili .....	15
3.2.2 PEM-yksikkö .....	15
3.2.3 Modulaattori .....	16
3.3 Laajennukset.....	19
3.3.1 Mekaanisesti jousitetut perävaunut.....	20
3.3.2 ECU:n sisäiset lisätoiminnot.....	21
3.3.3 ECAS .....	21
3.3.4 TailGUARD .....	22
3.4 Järjestelmään liittyvä lainsäädäntö.....	23
3.4.1 Vetoauton vaatimukset.....	23
3.4.2 Perävaunun jarrutusvoiman säätö .....	24
3.4.3 Varavirran syöttö modulaattorille.....	25
4 SIMULOINTI OPPIMISEN VÄLINEENÄ .....	26

4.1 Suunnittelu .....	26
4.2 Oppiminen ja hyödyt .....	27
5 SIMULAATTORIN TOTEUTUS.....	29
5.1 Suunnittelu .....	29
5.2 Rakentaminen.....	30
5.2.1 Mekaaninen simulaattori .....	30
5.2.2 Paineilmakomponenttien kokoonpano .....	31
5.2.3 ABS-anturit ja kehät .....	36
5.2.4 Virransyöttö ja vikadiagnostiikka .....	38
5.3 Opiskelijatyön suunnittelu .....	39
5.3.1 Ensimmäinen vaihe.....	39
5.3.2 Toinen vaihe .....	40
6 YHTEENVETO.....	41
LÄHTEET .....	43

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Perinteinen paineilmajarrujärjestelmä. ....	10
Kuvio 2. Nykyaikainen EBS-jarrujärjestelmä. ....	12
Kuvio 3. Modulaattoreiden käyttöesimerkkejä. ....	14
Kuvio 4. 2S/2M varustettu puoliperävaunu. ....	15
Kuvio 5. TEBS E modulaattorin yhteydessä PEM-yksikkö. ....	16
Kuvio 6. Modulaattorin kaavio. ....	17
Kuvio 7. Erilaisten perävaunujen jarrutuskäyriä. ....	19
Kuvio 8. Mekaanisen jousituksen ALB-toiminto. ....	20
Kuvio 9. Elektronisesti ohjattu paineilmajousitusjärjestelmä. ....	22
Kuvio 10. TailGUARD-tutkat. ....	23
Kuvio 11. Simulaatioympäristön suunnittelu. ....	27
Kuvio 12. Sähkömoottori. ....	30
Kuvio 13. Mekaaninen paineilmajarrusimulaattori kärry. ....	31
Kuvio 14. Modulaattorin kiinnike. ....	32
Kuvio 15. Modulaattori ja PEM johdotuksineen. ....	32
Kuvio 16. Raufossin pikaliittimet. ....	33
Kuvio 17. Ilmalinjat jarrusylintereille. ....	34
Kuvio 18 Modulaattorin ohjaus-, säiliö-, mittaus-, tristop- ja jousipaljeliitännät. ....	35
Kuvio 19. PREV-venttiili. ....	36
Kuvio 20. Abs-kehäpaketti. ....	36

Kuvio 21. Abs-kehä ja anturointi. ....	37
Kuvio 22. Sähkömoottoripaketti. ....	37
Kuvio 23. ABS-pistotulppa. ....	38
Kuvio 24. Jännitelähde 0-30V. ....	38
Kuvio 25. Diagnostiikkasalkku.....	39

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>EBS</b>	(Electronically controlled Braking System) Elektronisesti ohjattu jarrujärjestelmä
<b>ABS</b>	(Antilock Brake System) Lukkiutumaton jarrujärjestelmä
<b>CAN-väylä</b>	(Controller Area Network) Automaatioväylä
<b>ECU</b>	(Electronic Control Unit) Ohjainlaite
<b>ESP</b>	(Electronic Stability Program) Ajonvakautusjärjestelmä
<b>TCS</b>	(Traction Control System) Vetoluistonesto
<b>PREV-venttiili</b>	(Park Release Emergency Valve) Käsijarru-, siirtely- ja hätäjarruventtiili
<b>PEM-yksikkö</b>	(Pneumatic Extension Module) Pneumaattinen laajenusmoduuli
<b>TEBS</b>	(Electronic Braking System for Trailers) Elektroninen jarrujärjestelmä perävaunuille
<b>GIO</b>	(Generic Input/Output) Ohjelmoitava tulo/lähtö
<b>ALB</b>	(Automatic Load-dependent Brake power control) Automaattinen painosta riippuva jarruvoiman säätö
<b>RSS</b>	(Roll Stability Support) Ajonvakautusjärjestelmä perävau- nuissa
<b>ECAS</b>	(Electronic Controlled Air Suspension) Elektronisesti ohjattu paineilmajousitus



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Seinäjoen ammattikorkeakoulun auto- ja työkonetekniikan laboratorio. Auto- ja työkonetekniikan laboratoriossa opiskelijat pääsevät tutustumaan käytännönläheisesti autoissa ja työkoneissa käytettyihin teknisiin ratkaisuihin ja niiden toimintaperiaatteisiin. He suorittavat 4-vuotisen koulutusohjelman aikana lukuisia laboratoriokursseja. Auto- ja työkonetekniikan koulutusohjelmasta valmistuu vuosittain noin 25 insinööriä.

## 1.2 Työn tausta

Seinäjoen ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa on raskaan kaluston paineilmajarrusimulaattori, jossa on erikseen sekä vetoauto että perävaunu. Tekniikaltaan simulaattori on melko vanhaa, koska simulaattorin kaikki komponentit toimivat täysin mekaanisesti. Opetuskäytössä olevassa simulaattorista oppii raskaan kaluston jarrujärjestelmän perusperiaatteen, mutta nykyään käytössä olevien EBS-jarrujärjestelmien toimintaperiaatteet jäävät tyystin teoriaopetuksen varaan. Tarve EBS-jarrusimulaattoriin on kasvanut vuosien saatossa ja nyt autolaboratorio on saanut budjettiehdotuksen läpi EBS-jarrusimulaattorin rakentamiseksi. EBS-jarrusimulaattoriin tutustuminen tulee olemaan osana opiskelijoiden laboratoriokursseja ja siihen tul- laan suunnittelemaan aihetta käsittelevä opiskelijatyö.

Työn teoriaosuudessa käsitellään hieman raskaan kaluston perinteisiä jarrujärjestelmiä ja EBS-jarrujärjestelmiä ja paneudutaan kunnolla kärryissä oleviin Wabcon EBS-jarrujärjestelmiin ja simulaatio-oppimiseen. Toteutusosiossa käsitellään konkreettisesti tehty EBS-jarrusimulaattorin valmistus ja kerrotaan simulaattorin toimintaperiaate.

### 1.3 Tavoitteet

Tavoitteena on valmistaa raskaan kaluston puoliperävaunua simuloiva EBS-jarrusimulaattori. Työ on tarkoitus tehdä nykyisen paineilmajarrusimulaattorin karryn tilalle, jolloin vetoautoa simuloivaan mekaanisilla osilla varustettuun simulaattoriin ei tehdä muutoksia. Tämä mahdollistaa opiskelijoiden tutustumisen edelleen perinteiseenkin paineilmajarrujärjestelmään.

Simulaattorista on tarkoitus tehdä selkeä ja hyvin opettavainen, mutta joka kuitenkin jäljittelee todellisuutta mahdollisimman tarkasti. Raskaan kaluston nykyaikaiset jarrujärjestelmät ovat sen verran monimutkaisia, että konkreettisen simulaattorin ansiosta opiskelijoille on tavoitteena saada entistäkin parempi oppimisalusta niiden tekniisiin ratkaisuihin. Simulaattorin yhteyteen tulee vikadiagnostiikkalaitteet ja ohjelmisto, joten opiskelijat voivat tutustua karrysimulaattorin ohjainlaitteeseen ja muunnella sen parametreja turvallisesti.

Työn toteuttamisella on tavoitteena saada myös itselleni parempi käsitys EBS-jarrujärjestelmistä. Järjestelmien oppiminen kauttaaltaan parantaa omaan alaan liittyvää tärkeää tietämystä. Olen työskennellyt raskaiden ajoneuvojen parissa kuljettajana, raskaan ajoneuvokorjaamon työnjohdossa sekä nykyisin kuljetusliikkeen ajojärjestelijänä.

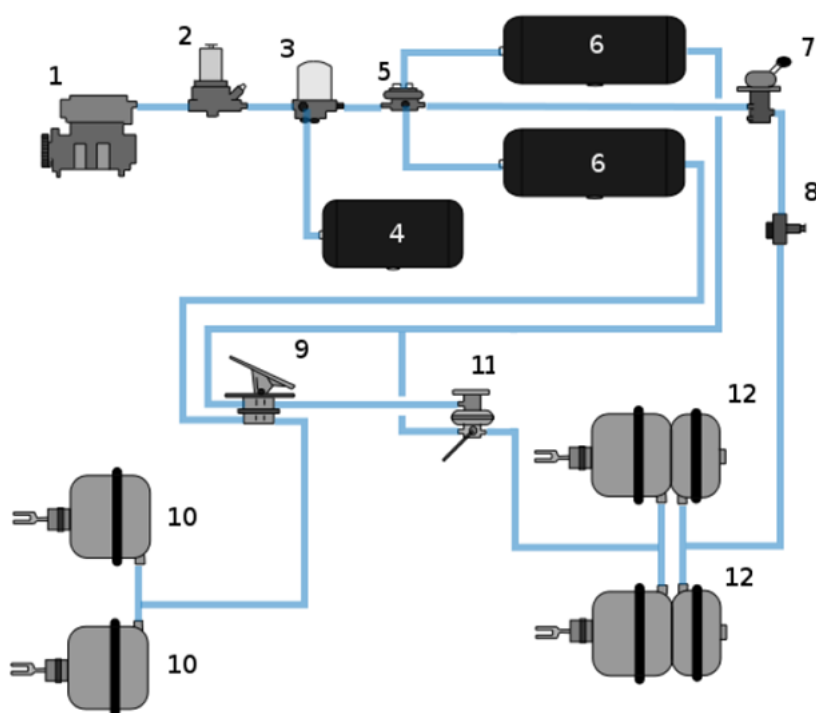
### 1.4 Työn rajaaminen

Työssä pyritään keskittymään erityisesti karryissä oleviin EBS-järjestelmiin ja simulaatio-oppimiseen. Selkeyden vuoksi on kuitenkin käsiteltävä hieman kokonaiskuvaa.

## 2 RASKAAN KALUSTON JARRUJÄRJESTELMIEN KEHITYS

### 2.1 Perinteinen paineilmajarrujärjestelmä

Nimitystä "EBS-jarrujärjestelmä" käytetään nykyaikaisesta raskaan kaluston jarrujärjestelmästä, joka on ajan saatossa rakentunut perinteisen paineilmajarrujärjestelmän yhteyteen. Perinteinen jarrujärjestelmä on rakennettu kuvion 1 mukaisesti tyystin mekaanisilla osilla. Siinä paineilma tuotetaan kompressorilla paineilmasäiliöihin, josta sitä hallinnoidaan ohjausventtiileillä pyöräjarrujen jarrusylintereille. Mekaaniset jarruvoimansäätimet säätävät paineen jarruille kuormituksen mukaan optimeiksi. (Mylläri, Rantala & Sirola 2003, 43, 47-50.)



Kuvio 1. Perinteinen paineilmajarrujärjestelmä.

(Ylinen 2017.)

## 2.2 ABS-jarrujärjestelmä

Lukkiutumattomien jarrujen vaatimus tuli M2-, M3-, N2- ja N3-luokan ajoneuvoihin ja O3- ja O4-luokan perävaunuihin 1.4.2001 ja sen jälkeen käyttöön otettuihin ajoneuvoihin. Järjestelmä parantaa jarrutustapahtuman turvallisuutta säilyttäen ajoneuvon ohjauksen jarrutuksessa. Näin ajoneuvon renkaat eivät mene lukkoon ja ajoneuvo luisu holtittomasti meno suuntansa. (Mylläri ym. 2003, 157.)

ABS-järjestelmän eroavuus normaaliin paineilmajarrujärjestelmään komponenttien puolesta on ABS-venttiilit, ABS-ohjainlaite, pyörimisnopeustunnistimet ja pulssirenkaat. ABS-venttiilit ovat sähkömagneettisia venttiileitä, joilla säädetään jarrutuspainetta ohjainlaitteen sanelemana. Ohjainlaite tutkii pyörien pyörimisnopeuksia ja antaa sen mukaan käskyjä magneettiventtiileille. (Mylläri ym. 2003, 157-162.)

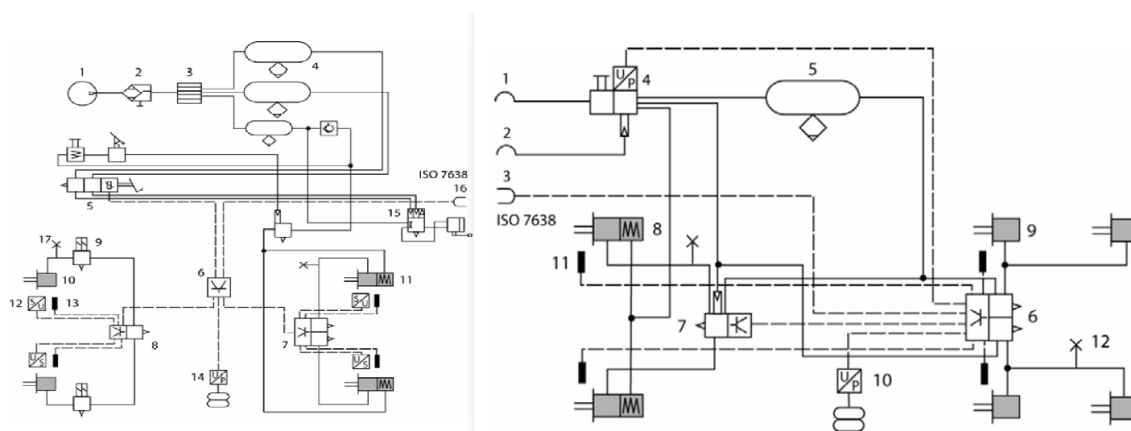
Pyörimisnopeusantureilta ohjainlaitteelle tuleva impulssi on vaihtojännitettä olevaa sinikäyrrää. Sen taajuudesta ohjainlaite lukee pyörän pyörimisnopeuden ja jarrutus-tilanteessa säättää ABS-venttiileitä tarpeen mukaan. (Mylläri ym. 2003, 157-162.)

## 2.3 EBS-jarrujärjestelmä

Nykyiset EBS-jarrujärjestelmät ovat teknisesti kehittyneet huomattavasti ensimmäisistä versioista, ja niihin on saatavissa lukuisia lisäominaisuuksia. Ensimmäisissä järjestelmissä EBS-järjestelmää voidaan pitää oikeastaan ABS-jarrujärjestelmänä, koska niissä oli ainoastaan ABS-toiminto. Ensimmäiset järjestelmät olivat myös melko vikaherkkiä, koska komponentteja oli enemmän. (Ollila 2017.)

Muutos ABS-järjestelmiin nähden on huomattava. Nyt komponentteja on sähköistetty enemmän, ja ne keskustelevat keskenään CAN-väylän avulla. Sähkösäätöisiä venttiileitä ja ohjainlaitteita on tuotu yhdeksi paketiksi, joita kutsutaan modulaattoreiksi. Modulaattori voi ohjata useampaa akselia kerralla, ja siinä on sisäinen ohjainlaite. Tällä on saatu yksinkertaistettua järjestelmää ja komponenttien määrää pienennettyä. Modulaattori on sijoitettu lähelle jarrusylintereitä, joten pyörimisnopeusantureiden johdin pituudet on saatu lyhyiksi ja jarruviiveet minimoitua. (Ollila 2017.)

Nykyaikainen EBS-jarrujärjestelmä on esitetty kuviossa 2. Siinä on sähköistetty poljinventtiili, josta menee EBS-ohjainlaitteelle tieto jarrutustoivomuksesta, joka välittää tiedon modulaattoreille, jotka ohjaavat jarrupainetta suoraan. Modulaattorissa on sisäisenä kuormitustieto, josta tapahtuu jarrupaineen hienosäätö kuorman mukaan. Tämä kuormitustieto otetaan paineanturilla ilmajousipalkeesta. Järjestelmässä on myös varmistustoiminto sähköjärjestelmän vikaantumistilanteita varten, eli jarrupoljinventtiili lähettää myös pneumaattista ohjaussignaalia modulaattoreille. Näin järjestelmästä on saatu turvallinen. (Bosch 2014, 948-951.)



Kuvio 2. Nykyaikainen EBS-jarrujärjestelmä.

(Ylinen 2017.)

EBS-järjestelmä mahdollistaa nopeat jarrutusreaktiot käskyjen mennessä modulaattoreille sähköisesti ja ohjauspaineviiveiltä vältytään. Järjestelmän ollessa optimoitu hyvin, perävaunun ja vetoauton väliset työntövoimat on saatu minimoitua. CAN-väylän myötä EBS-ohjainlaite ja modulaattorit on saatu kommunikoimaan keskenään ja järjestelmään on saatu muitakin toimintoja kuin lukkiutumattomat jarrut. Modulaattoreita voidaan ohjata mm. ajonvakauttamiseksi (ESP) ja vetoluiston estämiseksi (TCS). Siinä pidon kadotessa vetävää akselia voidaan jarruttaa modulaattorilla ja auton lähdettyä heitteilehtimään voidaan jopa yksittäisiä pyöriä jarruttaa erikseen. (Bosch 2014, 948-951.)

### 3 EBS-JÄRJESTELMÄ PERÄVAUNUSSA

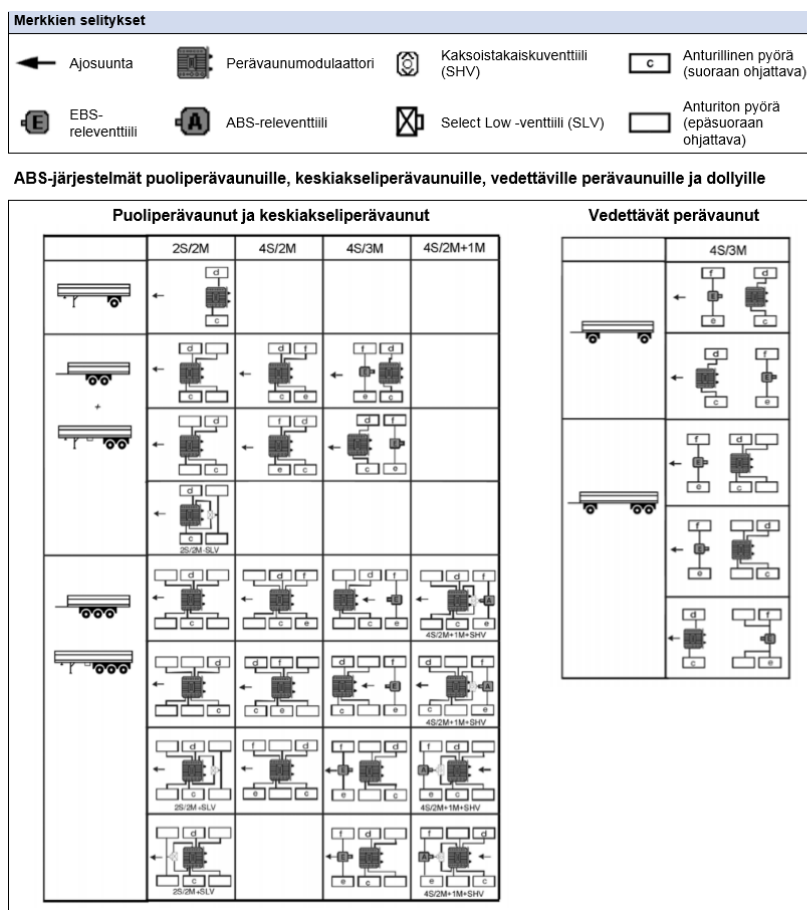
EBS-jarruilla varustettua perävaunua voidaan vetää vetoautolla, jossa ei kyseistä järjestelmää ole ja toisinpäin, ilman että EBS-jarrut lakkaavat toimimasta. Vedettäessä EBS-jarrullista perävaunua vetoautolla, jossa ei ole EBS-jarruja, täytyy vetoautossa olla kuitenkin ISO 7638 -standardin mukainen pistorasia, josta karryn järjestelmään tulee virta. Tällaisessa tilanteessa karryä ohjataan pneumaattisella ohjauspaineella, mutta karryn jarrut toimivat kuitenkin lukkiutumattomasti. (Bosch 2014, 948-951.)

#### 3.1 Toimintaperiaate

Perävaunuja voidaan varustaa erilaisilla modulaattoreilla riippuen perävaunun rakenteesta ja akselien lukumäärästä. Modulaattori ilmoitetaan pyörimisnopeus anturien ja sähkömagneettisten venttiilien lukumäärällä. Esimerkiksi 2S/2M tai 4S/3M, jossa S kertoo pyörimisnopeusanturien kanava paikkojen määrän ja M sähkömagneettisten venttiilien eli moduulien määrän. 2S/2M modulaattoria voidaan käyttää 1-3-akselisissa puoli- tai keskiakseliperävaunuissa. 4S/3M-modulaattoria voidaan käyttää 2-5-akselisissa puoli- tai keskiakseliperävaunuissa ja 2-5-akselisissa varsinaisissa perävaunuissa. (Wabco TEBS E 2014, 24.)

2S/2M-modulaattorilla säädettäessä 3-akselisen puoliperävaunun ABS-toimintoa sensorit sijoitetaan yleensä keskimmaiselle akselille molemmille puolille, jolloin molempien puolen keskimmaisen akselin jarrutusvoimaa säädellään suoraan. Muiden pyörien jarrutusvoimaa säädellään silloin välillisesti eli suoraan säätyvien pyörien tunnistimien tietojen mukaisesti. Välillisesti säätyvät pyörät ottavat kuitenkin samalta puolelta olevalta suoraan säädetyltä pyörältä pyörimisnopeustiedon. 4S/3M-modulaattorilla saadaan 3-akseliseen puoliperävaunuun enemmän säätöominaisuuksia, kun antureita on enemmän. 4S/3M-modulaattoria käytettäessä esimerkiksi 5-akselisessa varsinaisessa perävaunussa tarvitaan vielä erillinen sähkömagneettinen releventtiili, joka ohjaa etuvaunun jarrupaineita. Silloin perävaunun taka-akselisto toimii edellä mainitulla puoliperävaunun ominaisuuksilla ja modulaattorin 3. moduuli

ohjaa koko etuvaunua releventtiin kautta. Tällöin jos etuvaunun mikä tahansa anturilla varustettu pyörä pyrkii lukkiutumaan, koko etuvaunun jarrupainetta vähennetään. Kuviossa 3. on esitelty erilaisia modulaattoreiden käyttöesimerkkejä. (Wabco TEBS E 2014, 24-25.)

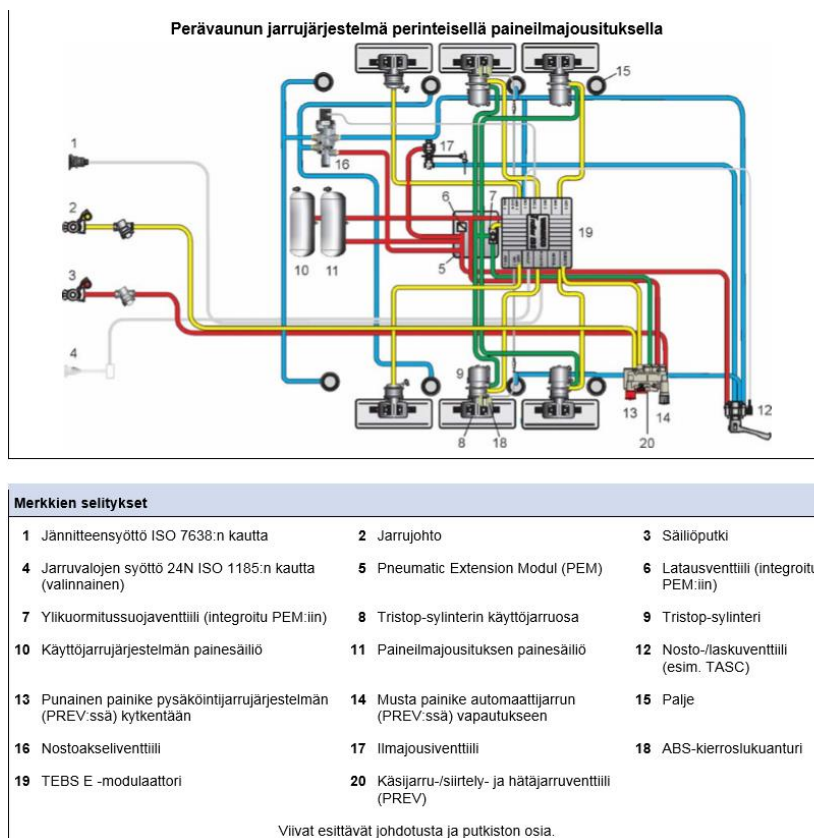


Kuvio 3. Modulaattoreiden käyttöesimerkkejä.

(Wabco TEBS E 2014, 26.)

### 3.2 Komponentit

Kuviossa 4 on esitelty perinteisellä ilmajousitusjärjestelmällä varustettu 2S/2M systeemi komponentteineen. 3-akselisessa puoliperävaunussa on etummainen akseli varustettu nostettavalla akselilla. (Wabco TEBS E 2014, 15.)



Kuvio 4. 2S/2M varustettu puoliperävaunu.

(Wabco TEBS E 2014, 15.)

### 3.2.1 PREV-venttiili

Käsijarru-, siirtely- ja hätäjarruventtiili (PREV) sijoitetaan yleensä käden ulottuville kärryn sivulle. Sen kautta menee sekä ohjauspaine että syöttöpaine modulaattorille. Siinä on kaksi painiketta, josta punainen kytkee käsijarrun kärryyn päälle ja musta vapauttaa kytkemättömän perävaunun käsijarrun, eli ns. siirtelytoiminnon. Vetoauton ilmaletkujen irrotaessa tai rikkoutuessa tämä venttiili käynnistää myös hätäjarrustoiminnon, jolloin kärryn jousijarrusylinterit alkavat jarruttaa. (Wabco TEBS E 2014, 15-16.)

### 3.2.2 PEM-yksikkö

Kuviossa 4, kohdassa 5 on PEM-yksikkö eli pneumaattinen laajennusmoduuli (pneumatic extension module), joka on kytkettynä modulaattorin yhteyteen. Sen



tehtävä on vähentää ja yksinkertaistaa paineilmaliitoksia. Se erottaa jarrujärjestelmään käytettävän paineilman ja jousitusjärjestelmän paineilman toisistaan latausventtiilin kautta, kuvion 4 kohta 6. Se priorisoi jarrujärjestelmän paineilmasäiliön täytön ennen jousitusjärjestelmän säiliötä ja jousitusjärjestelmän paineen alentumisesta huolimatta pitää käyttöjarrujärjestelmän paineistettuna. PEM-yksikön kautta hoidetaan jousijarrusylinterin paineilman hallinta ja se sisältää myös ylikuormitusventtiilin niille, kuvion 4 kohta 7. Jousijarrusylinterit voivat ylikuormittua, kun painetaan käyttöjarrua samanaikaisesti, kun käsijarru on kytkettynä. Tällöin PEM-yksikössä oleva kuulasulkuventtiili syöttää painetta käyttöjarrua painettaessa myös jousijarrusylinterin seisontajarrun puolelle. (Wabco TEBS E 2014, 16.)



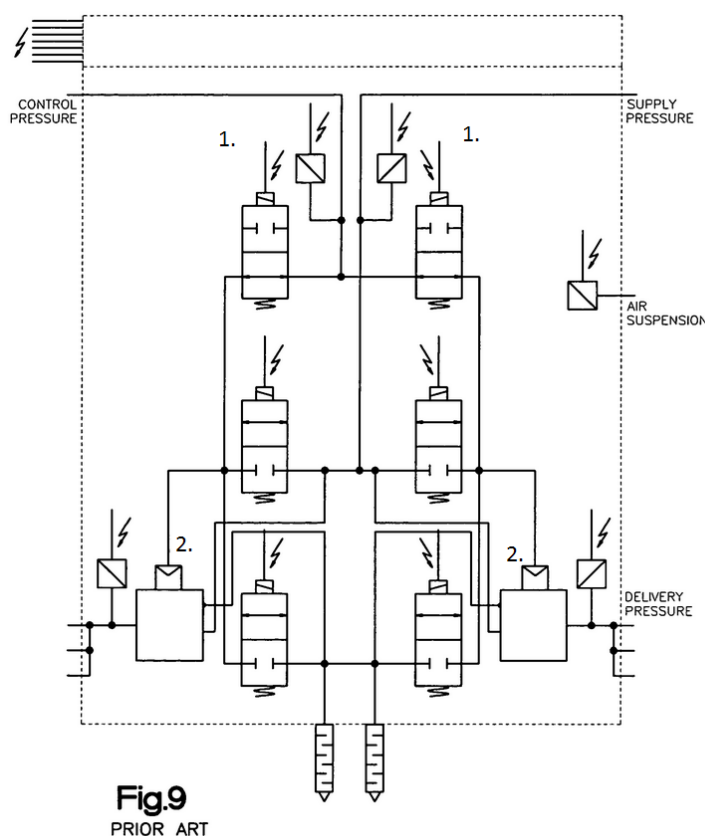
Kuvio 5. TEBS E modulaattorin yhteydessä PEM-yksikkö. (Wabco TEBS E 2014.)

### 3.2.3 Modulaattori

Wabcon TEBS (Trailer Electronic Braking System) -sarjan modulaattoreita on neljää eri sukupolvea (E1-E4). Uusin TEBS E4-modulaattori (Kuvio 5) on sähköinen ohjausmoduuli, joka sisältää 4 tulokanavaa pyörimisnopeusantureille, 1 CAN-liitännän vetoautolta, jännitteensyötön kahteen paikkaan, ylimääräisen moduulin lähdön ja GIO-liitännöitä 7. Sen normaalin jarrupainesäätö moduulien lisäksi siinä on sisäinen

painetunnistus ohjauspaineesta, säiliöpaineesta ja akselipaineesta ja kaksi paineenmittausanturia jarrupaineita varten. Modulaattorissa on ohjainlaitteen lisäksi vielä sivuttaiskiiktyvyysanturi ajovakauden valvontaa varten. (Wabco TEBS E 2014, 32.)

Kuviossa 6 on esitetty Bendixin kaksikanavaisen modulaattorin toimintaperiaate. Kuvioista näkee, kuinka "backup"-toiminto on mahdollistettu. Modulaattorin mennessä virrattomaan tilaan releventtiilejä 2. ohjataan pneumaattisesti sähköohjattujen venttiilien 1. kautta. Virrattomassa tilassa venttiilien 1. perusasento on auki, jolloin pneumaattinen ohjauspaine pääsee releventtiileille 2. Normaalisessa tilassa venttiilit 1. ovat kiinni-asennossa ja releventtiilejä ohjataan kuvion 8 numeroimattomilla venttiileillä.



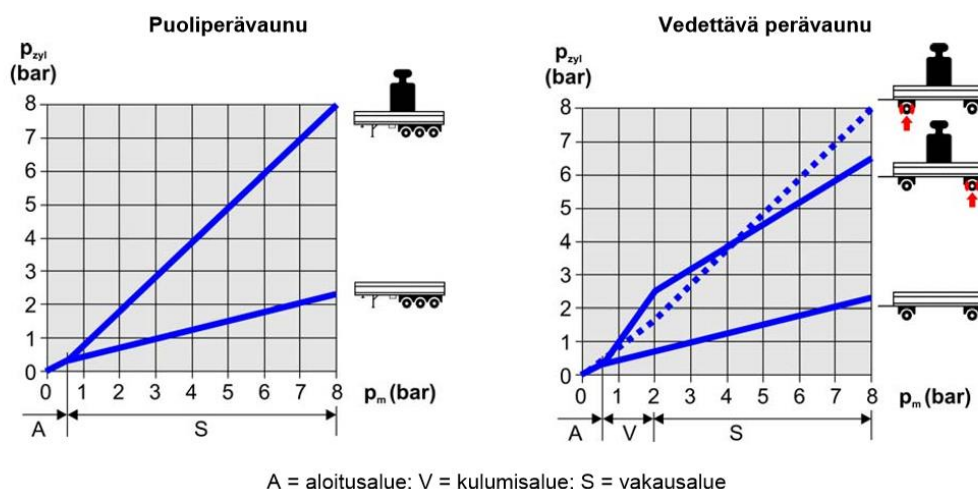
Kuvio 6. Modulaattorin kaavio.

(Bendix Commercial Vehicle Systems, 2005.)

Wabcon modulaattorissa on muitakin varotoimenpiteitä kuvion 6 osoittaman "backup"-toiminnon lisäksi. Modulaattorissa on ylimääräinen virransyöttökanava

24N-jarruvalolta, mikäli päävirransyöttö jostakin syystä katkeaa. Tällöin modulaattoriin syötetään virtaa vain jarrutustapahtuman aikana. Käytössä on silloin vain ABS- ja ALB-toiminto. ”Laajennukset”-osiossa käsitellyt GIO-toiminnot eivät ole silloin käytettävissä. Vetoauton koetauluun syttyy tällöin seuraavaksi esitellyt varoitusvalot. Modulaattorin säiliöpainevahti tutkii säiliöpainetta ja sen ollessa  $< 4,5$  bar CAN-väylä sytyttää punaisen ja keltaisen varoitusvalon mittaristoon. Jos vetoautona toimii CAN-väylätön ajoneuvo, tulee varoitus koetauluun ISO 7638 -pistoliitännän nastan 5 kautta. Säiliöpaineen laskiessa edelleen alle 2,5 baarin kärry alkaa jarruttaa itsestään jousijarrusylintereillä. (Wabco TEBS E 2014, 33, 36-38.)

Jarrutustapahtumassa edellä mainitut modulaattorin sisäiset akselipainoanturit tunustelevat kuormaa ja muuttavat jarrutustehoa (ALB-toiminto). Modulaattori on ohjelmoitavissa jarruttamaan erilaisilla voimilla asennettaessa erilaisiin perävaunuihin. Kuviossa 7 on esitetty puoli- ja varsinaisen perävaunun jarrutuskäyräesimerkkejä. Aloitusalue on jarrujen herätyspaineistus, jonka jälkeen alkaa vasta jarrutehon muodostus. Tässä esimerkissä 0,7 baarin ohjauspaineella on saavutettu 0,4 baarin paine jarrusylinterillä aloitusalueessa. Aloitusalue on kuitenkin ohjelmoitavissa modulaattorilla lainsäädännön puitteiden mukaisesti. Puoliperävaunuissa jarrukäyrän vakausalue menee lineaarisesti, koska siinä eri akseleita ei ohjata erikseen. Varsinaisessa perävaunussa jousipaljetiedot kertovat modulaattorille sekä etu- ja taka-akselien kuormituksen ja säätää sen mukaan ko. akseleiden jarruvoiman. Varsinaiseen perävaunuun voidaan kuitenkin ohjelmoida vielä lisäksi niin sanottu kulumisalue. Jos perävaunun jarrusylinterit ovat erikokoiset etu- ja taka-akselilla, kulumisalueella mahdollistetaan kummankin akselin jarrujen tasainen kuluminen. Kuvion esimerkissä varsinaisen perävaunun etuakselin jarrusylinterin paine kehittyy kulumisalueella hitaammin, koska siellä on esimerkissä isommat jarrusylinterit. (Wabco TEBS E 2014, 42.)



Kuvio 7. Erilaisten perävaunujen jarrutuskäyriä.

(Wabco TEBS E 2014, 42.)

Wabcon modulaattorissa on nykyään sisäänrakennettu ajonvakautusjärjestelmä RSS (Roll Stability Support). Se saa perävaunun jarruttamaan itsenäisesti sen vakauttamiseksi, jos kallistusvaara on liian uhkaava. Modulaattorin ECU ottaa tietoja pyörimisnopeusantureilta, jousipalkeiden painetiedoista ja modulaattoriin integroidulta sivuttaiskiihtyvyyssanturilta. Jos painetta kaatumiseen alkaa olla ja kiihtyvyyssanturin raja-arvo ylitetään, alkaa järjestelmä toimia. Kaatumisvaara tunnistetaan pienellä testijarrutuksella ja jos edelleen kaatumisvaara on, toteuttaa järjestelmä jarrutusta kovemmilla paineilla tilanteen korjaamiseksi. Tilanteen korjaannuttua RSS kytkeytyy pois päältä. Jos kuljettaja itse alkaa jarruttaa RSS toiminnon ollessa aktiivisena, se kytkeytyy myös pois päältä. (Wabco TEBS E 2014, 48.)

### 3.3 Laajennukset

Modulaattorissa on ohjelmoitavia GIO (Generic in/outputs) -kanavia, joilla voidaan ohjelmoida lukuisia lisäominaisuuksia. Lisäominaisuuksien käyttöönotto vaatii aina testerillä niiden parametroitua ja käyttöönottoa. GIO-kanavia on Wabcon modulaattoreissa 4 tai 7 mallista riippuen. (Ollila 2017.)



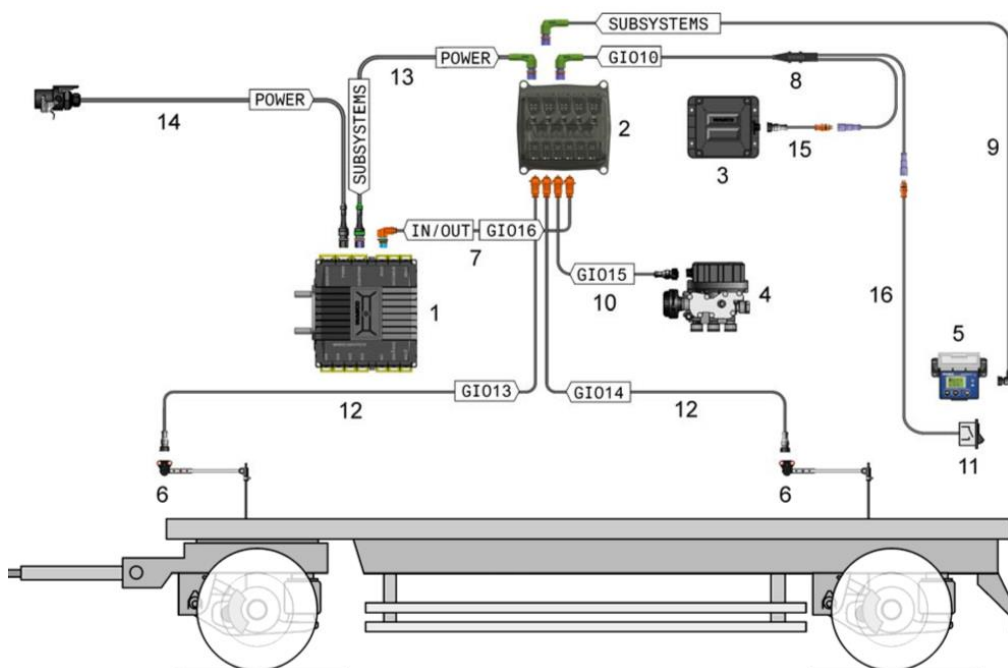
### 3.3.2 ECU:n sisäiset lisätoiminnot

Modulaattorin sisällä on perävaunun matkamittari, joka laskee kuljettua matkaa pyörimisnopeusantureiden signaalin perusteella sekä käyttötuntimäärää. Siihen voidaan ohjelmoida haluttu huoltoväli-ilmaisoin, esimerkiksi 50 000 km tai 500 h. ECU kerää myös vikakoodeja, joiden määrää voidaan tarkastella testerillä. Vikalistoista voidaan lukea muun muassa varavirran syöttökertoja, ABS-anturin katkoksia, RSS:n aktivointimääriä, seisontajarrun kytkentämääriä, keskimääräisiä ohjauspaineita ym. (Wabco TEBS E 2014, 51-56.)

Akselipainonmittausominaisuus modulaattorissa mahdollistaa akselipainojen seurannan ajotietokoneelta. Tällöin ajoneuvon on oltava CAN-väylällinen, ja sen ajotietokoneessa on oltava sopiva tuki kyseiselle toiminnolle. CAN-väylättömissä ajoneuvoissa puolestaan voidaan käyttää vain yksinkertaisimpia ilmoituksia, kuten huoltovalon syttyminen/vilkkuminen. CAN-väylättömään ajoneuvoon voidaan kuitenkin asentaa perävaunuun erillinen SmartBoard-näyttöyksikkö, josta vastaavat tiedot voidaan lukea. (Wabco TEBS E 2014, 51-56.)

### 3.3.3 ECAS

ECAS nimitystä käytetään Wabcon EBS-järjestelmässä olevasta elektronisesta paineilmajousituksesta. Ilmajousitus on toteutettu täysin sähköisesti ohjatusti. Varsinaisissa perävaunuissa, joissa tarvitaan tasonsäädölle kaksi tasoanturia, on tarvittu kuvion 9 kohdan 2 mukainen elektroninen laajennusmoduuli. Uusimman mallin modulaattorin (TEBS-E4) kanssa tätä laajennusmoduulia ei enää tarvita. Muita komponentteja järjestelmässä on kohdan 4 mukainen ECAS-magneettiventtiili, jolla ilmaa jousipalkeisiin ohjataan modulaattorin tietojen perusteella. Järjestelmässä täytyy olla myös ulkoinen käyttöyksikkö esimerkiksi perävaunun sivussa, josta jousituksen tasoa voidaan säätää (kuvion kohta 5). Ulkoisen käyttöyksikön lisäksi ajoneuvon ohjaamoon voidaan asentaa lisäohjain (Trailer Remote Control), jolloin perävaunun jousitusta voidaan säätää ohjaamosta käsin. Järjestelmässä on yhden purkukorkeuden muistipaikka, tällöin lastatessa tai purkaessa kuormaa esimerkiksi yhdessä tietyssä laiturissa, sen korkeus on voitu tallentaa järjestelmään. (Wabco TEBS E 2014, 17-21, 64-68.)

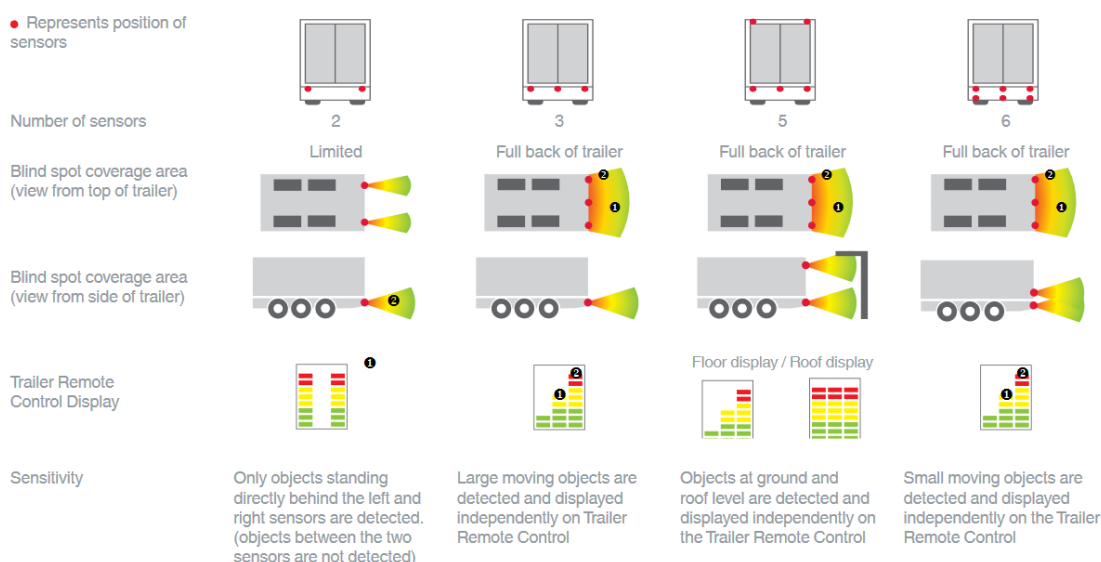


Kuvio 9. Elektronisesti ohjattu paineilmajousitusjärjestelmä.

(Wabco TEBS E 2014, 18.)

### 3.3.4 TailGUARD

TailGUARD on kehitetty parantamaan turvallisuutta perävaunussa. Perävaunun taakse voidaan asentaa haluttu määrä etäisyystutkia kuvion 10 mukaisesti. Modulaattori voidaan ohjelmoida jarruttamaan itsekseen, kun peruutusvaihte on kytketty. Automaattinen jarrutus voidaan ohjelmoida tapahtumaan objektin ollessa 30-200 cm:n etäisyydellä perävaunusta. Näin ollen esimerkiksi lastauslaituriin peruutettaessa perävaunu jarruttaa itsekseen saavutetun etäisyyden jälkeen, jonka jälkeen kuljettaja voi peruuttaa viimeisen matkan varoivaisesti laiturin ja yhtäkkiseltä töksähdykseltä välttää. Jos peruutettaessa perävaunun takana on jotain muuta sinne kuulumatonta, tämä järjestelmä parantaa turvallisuutta ja vahinkojen määrää. (Wabco TailGUARD 2014.)



Kuvio 10. TailGUARD-tutkat.  
(Wabco TailGUARD, 2014.)

### 3.4 Järjestelmään liittyvä lainsäädäntö

Komission direktiivin 98/12/EY mukaan O3- ja O4-luokan perävaunut on varustettava lukkiutumattomilla jarruilla esitettyjen vaatimusten mukaisesti. Tämä säädös on tullut voimaan 31.3.2001 ja sen jälkeen tyyppihyväksytyissä perävaunuissa. (98/12/EY, kohta 2.2.2.13.)

#### 3.4.1 Vetoauton vaatimukset

Direktiivissä 98/12/EY käsitellään ominaisuudet, joita vetoautossa täytyy olla, jotta lukkiutumattomilla jarruilla varustettuja perävaunuja voidaan vetää seuraavan lainauksen mukaan.

Moottoriajoneuvot, jotka on hyväksytty lukkiutumattomilla jarruilla varustettujen perävaunujen vetoon, lukuun ottamatta M<sub>1</sub>- ja N<sub>1</sub>-luokkien ajoneuvoja, on varustettava perävaunun lukkiutumattomia jarruja varten erillisellä varoitusvalolla liitteessä X olevan 4.1, 4.2 ja 4.3 kohdan vaatimusten mukaisesti. Ne on myös erikseen varustettava perävaunun lukkiutumattomien jarrujen sähköisellä liitännällä tämän direktiivin liitteessä X olevan 4.4 kohdan mukaisesti. (98/12/EY, kohta 2.2.1.25)



Varoitusvalon eli yleisesti käytetyn ABS-häiriövalon on näyttävä päivänvalossa ja se on oltava erillinen valo perävaunulle. Se ei saa syttyä vedettäessä ei-lukkiutumattomilla jarruilla varustettua perävaunua eikä se saa myöskään palaa ajettaessa ilman perävaunua. ABS-häiriövalon on sytyttävä kaikissa ABS-tunnistimien normaalista poikkeavissa tilanteissa sekä kaikissa ulkoisen virranjakelun katkostilanteissa. Järjestelmään kytkettäessä virta jarruvoimansäätöventtiilien on tehtävä ainakin yksi testauskierto, ja varoitusvalon täytyy syttyä tällöin. Valon pitää kuitenkin sammua ajoneuvon nopeuden noustessa yli 10km/h. Tämän säädöksen vuoksi perävaunua liitettäessä vetoautoon alkaa modulaattorista kuulua naksumista, kun magneetti-venttiilien testauskierto alkaa. Vetoauton ja perävaunun välisen lukkiutumattoman jarrujärjestelmän sähköliitäntä on oltava ISO 7638 -standardin mukainen erikoisliitin, eli kansankielellä käytettävä 7-napainen ABS-pistoke. (98/12/EY, liite X, kohdat 4.1, 4.2, 4.3, 4.4.)

E-13-säännön mukaan perävaunun jarrujen ohjausta ei saa toteuttaa pelkästään sähköisellä ohjausjohdolla, vaikka se olisikin nykyaikaisten perävaunujen EBS-järjestelmissä mahdollista. Vetoauton ja perävaunun välissä on oltava pneumaattinen ohjaus- ja syöttöjohto EBS-jarrullisien perävaunujen sähköisen ohjausjohdon lisäksi. Edellä käsiteltyjen modulaattoreiden ”backup”-toiminnot on siis turvattu tällä säädöksellä. Perävaunun on kuitenkin ensisijaisesti käytettävä sähköistä ohjaussignaalia, mutta siirryttävä automaattisesti käyttämään pneumaattista ohjausta, mikäli sähköiseen ohjaussignaaliin tulee häiriö. (Unece sääntö nro. 13, kohdat 5.1.3-5.1.3.4.1.)

### **3.4.2 Perävaunun jarrutusvoiman säätö**

Seuraavassa lainauksessa 98/12/EY-direktiivistä kerrotaan perävaunujen jarrutusvoimien säätöominaisuuksien minimivaatimuksista. Puoli- ja keskiakseliperävaunuissa minimi säätöominaisuus on, että yhtä akselia säädetään suoraan ja muita välillisesti, eli yhdellä akselilla on ABS-tunnistinanturit molemmin puolin. Akselit, joissa ei ole tunnistinantureita, täytyy säätyä kyseisen puolen tunnistinanturillisen

pyörän mukaan tällöin. Varsinaisissa perävaunuissa etummaisen akselin tai akselien täytyy säätyä taka-akseliston lisäksi vielä erikseen vähintään kahdella vastakkaispuolisilla tunnistintureilla.

Perävaunua pidetään liitteessä II olevan 1.1.4.2 kohdan lisäyksessä tarkoitetuilla lukkiutumattomilla jarruilla varustettuna, jos ainakin kahta ajoneuvon vastakkaisilla puolilla olevaa pyörää säädetään suoraan ja kaikkia muita pyöriä joko suoraan tai välillisesti lukkiutumattomilla jarruilla. Varsinaisissa perävaunuissa vähintään kahta pyörää yhdellä etuakselilla ja kahta pyörää yhdellä taka-akselilla on säädettävä suoraan siten, että jokaisella näistä pyöristä on vähintään yksi riippumaton muunnin, ja kaikkia muita pyöriä on säädettävä joko suoraan tai välillisesti. (98/12/EY, liite X, kohta 3.2)

### **3.4.3 Varavirran syöttö modulaattorille**

E-sääntö numero 13:ssa mainitaan varavirran mahdollinen syöttö perävaunun jarrujärjestelmään. Se on sallittua, mutta ensisijaisesti virransyöttö modulaattoriin pitää tapahtua ISO-7638-pistokkeen kautta. Jos varsinainen virransyöttö katkeaa, on siitä ilmoitettava kuljettajalle varoitusvalolla. Varavirta ei saa myöskään heikentää millään tavalla järjestelmän toimintaa. (Unece sääntö nro. 13, kohta 5.2.2.17.2)

## 4 SIMULOINTI OPPIMISEN VÄLINEENÄ

Oppimissimulaattoreilla pyritään käytännönläheiseen opetukseen. Niillä jäljitellään todellisuutta mahdollisimman tarkasti, jotta simulaatio-oppimisympäristöstä saataisiin mahdollisimman todentuntuinen. Käsitys todellisuuden tilanteista saattaa aueta opiskelijoille aivan uudella tavalla teoriaopiskelusta siirryttäessä simuloinnin pariin. (Jalava ym. 2001, 7-8.)

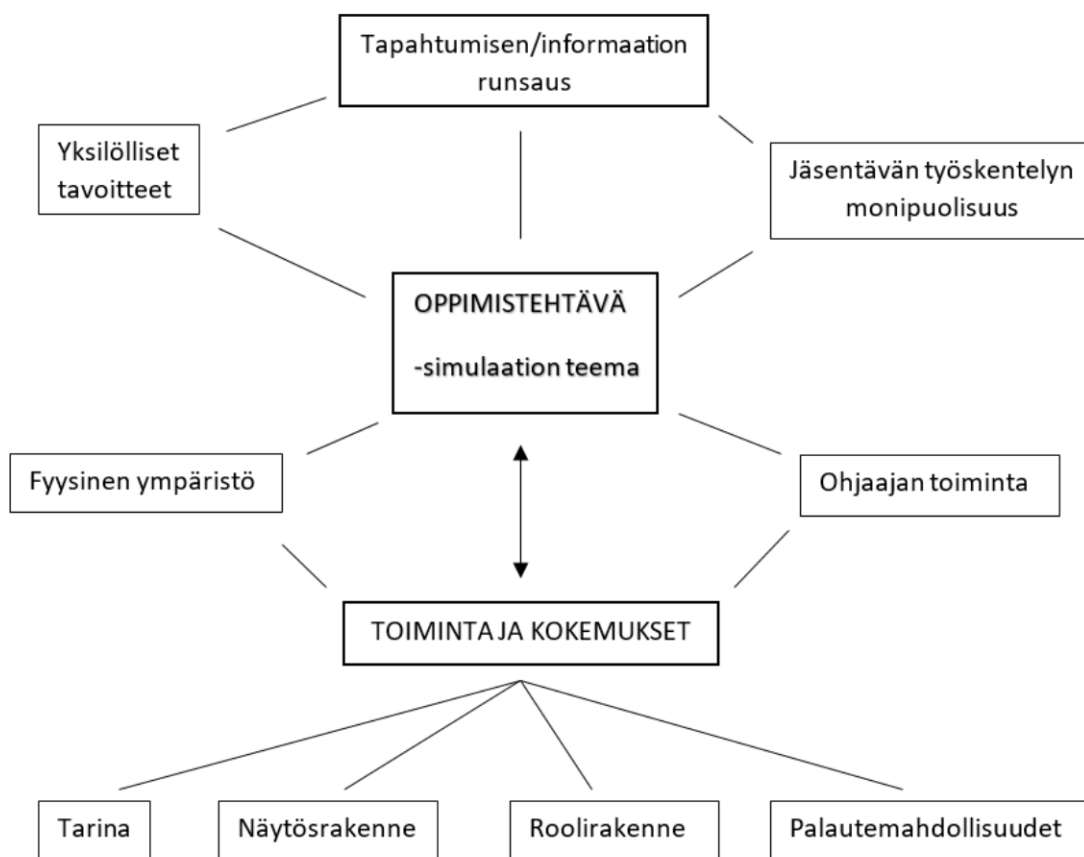
Simulointi toimii realistisen työelämän ja teoriapainotteisen luokahuoneopetuksen risteyskohdassa. Simulaattoreiden avulla voidaan oppia työelämän taitoja ilman epäonnistumisen pelkoa. Karkeasti sanottuna ne voidaan jakaa kahteen osaan, fyysisten taitojen ja ongelmanratkaisu- sekä päätöksentekotaitojen oppimiseen tähtääviin osioihin. (Salakari 2009, 84.)

Tässä työssä valmistunut simulaattori on lähinnä havainnollistamiseksi tarkoitettu simulaattori, mutta siihen tullaan tekemään oppimistehtävä, joka saa ongelmanratkaisukeskeisiä piirteitä.

### 4.1 Suunnittelu

Jalava esittelee teoksessaan viisi oppimisympäristön suunnitteluun liittyvää tärkeää periaatetta. Ensimmäisenä pitää luoda päämäärä, mitä simulaattorilla pyritään opiskelijalle opettamaan. Toisekseen oppimisympäristön on oltava tarpeeksi todenmukainen ja haasteita tarjoava, jotta mielenkiinto pysyy opiskelijalla. Vuoropuhelun edistäminen itsensä ja vertaisten kanssa yhdistettynä ohjaajan kanssa käytyihin keskusteluihin luo oppimiselle hyvän kasvualustan. Neljäs tärkeä asia on palaute ja prosessin arviointi, joka tämän opinnäytetyön simulaattorissa tulee olemaan ohjaavan opettajan suullinen palaute. Viimeisenä asiana simulaattorin pitäisi antaa opiskelijalle tilaa rakentaa itseään juuri siltä osin kuin hän kokee tarpeelliseksi. (Jalava ym. 2001, 9.)

Kuviossa 11 on esitelty Jalavaa siteeraten simulaation suunnitteluun käytettävä apukaavio, jonka perusteella voidaan suunnitella ja rajata, millaiseen oppimisympäristöön simulaattori suunnitellaan ja minkä tyyllisen simulaattorista haluaa tehdä. (Jalava ym. 2001, 8.)



Kuvio 11. Simulaatioympäristön suunnittelu.

Simulaatio harjoituksiin liittyy yleensä aina oppimistehtävä, joka kuviossa 11 on kaiken keskipisteenä. Tehtävän voi suunnitella joko ryhmäkohtaiseksi tai henkilökohtaiseksi. (Jalava ym. 2001, 8.)

## 4.2 Oppiminen ja hyödyt

Jokainen oppilas on erilainen ja omaksuu asioita eri tavalla. Toiset voivat oppia tekemällä paremmin ja toiset seuraamalla sivusta tai pähkäilemällä. Lähtökohtaisesti voidaan kuitenkin sanoa, että tekemällä oppiminen pysyy kauemmin muistissa kuin

asian lukeminen tai näkeminen. Simuloimalla oppiminen on nimenomaan tekemällä oppimista, mikä on simulaattoreiden perimmäinen tarkoituskin. (Salakari 2010, 80.)

Teknisissä simulaattoreissa parametreja voidaan muokata oppimistilanteessa ja kokeilla erilaisia variaatioita, kuinka laite toimii. Tämä ei välttämättä ole mahdollista reaalisella koneella tai laitteella. Erilainen kokeilu auttaa oppilasta oppimaan systeemin toimintaperiaatteen nopeammin kuin teoreettisen tiedon perusteella. Simulaattorilla voi myös harjoitella Salakarin mukaan ongelmanratkaisutaitoja. Tämän työn simulaattorissa näitä voisi olla esimerkiksi EBS-järjestelmän erilaisten vikatilanteiden simuloiminen ja paikallistaminen. Simuloinnin oppimistehtävissä opettaja pystyy arvioimaan oppilaan teoreettisen tiedon soveltamistaitoja, joita on hankala arvioida muuten. Ryhmätyönä tehtävillä simulaatioharjoituksilla on myös sosiaalisen vuorovaikutuksen hyötyjä, kun opiskelijat voivat ratkaista ongelmia yhteistyössä tiimityöskentelyn ollessa nykyään reaalisessakin työelämässä yleistä. (Salakari 2009, 89-90.)

## 5 SIMULAATTORIN TOTEUTUS

### 5.1 Suunnittelu

EBS-jarrusimulaattorin karkeassa suunnittelussa käytettiin apuna Määtän opinnäytetyötä, jossa EBS-jarrusimulaattori opiskelukäyttöön oli suunniteltu. Suunnitelmasta poikettiin kuitenkin jonkin verran ja yksityiskohtaisempaa suunnittelua tarvittiin varsinkin komponenttien sijoitteluun simulaattoriin.

Järjestelmän osakomponenttien valmistajaksi valittiin Wabco sen ollessa yleinen raskaankaluston jarrujärjestelmien valmistaja. Järjestelmän suunnittelun alkuvaiheessa ongelmaksi muodostui Wabcon osien suhteellisen kallis hinta. Pitkien keskustelujen jälkeen Trailconin tuotepäällikön kanssa päästiin kuitenkin sopimukseen järjestelmän hankinnasta Trailconin tarjotessa myös kattavaa teknistä tukea järjestelmään liittyen. Wabco onnistuttiin saamaan mukaan tukemaan simulaattorin toteutusta Trailconin lisäksi, jolloin toimeksiantajan budjetissa pysyttiin ja työ toteutui. Paikallisessa raskaan kaluston karryjen tuotantolaitoksessa käytiin haastattelemassa työnjohtajaa ja tutustumassa Wabcon järjestelmään ja vikadiagnostiikkaohjelmiin ennen simulaattorin rakentamista. Järjestelmän ohjelmointi- ja vikadiagnostiikkaohjelmisto osoittautui selkeäksi ja suomenkieliseksi. Simulaattorista päätettiin rakentaa puoliperävaunua simuloiva rakennusbudjetissa pysymisen vuoksi. Ohjaavan opettajan kanssa päätettiin, jotta simulaattori rakennetaan vanhaan mekaanisella jarrujärjestelmällä varustettuun perävaunusimulaattoriin. Simulaattorin runko, jarrukellot, paineensäädin kuorman simuloimiseksi ja paineilmasäiliöt todettiin tarpeelliseksi jättää uuteen simulaattoriin. Kaikki muut komponentit päätettiin nykyäikaistaa.

Abs-kehät suunniteltiin pyörimään pienillä 24-voltteisilla sähkömoottoreilla. Moottoreiksi täytyi valita oikealla pyörimisnopeudella pyörivät moottorit, jotta kehien maksimi pyörimisnopeus vastaisi oikeaa maantiekäytössä tapahtuvaa pyörimisnopeutta. Moottoreiksi valittiin 440-300 rpm nopeudella pyörivät moottorit, jossa 440 rpm on täysin kuormittamaton nopeus ja 300 rpm täysin kuormitettu nopeus. Näin ollen esimerkiksi 295/80/22,5 rengaskoolla, jonka vierintäkehä on 3,144m nopeus-

alue olisi noin 57 – 83 km/h, mikä riittää oikeanlaisiin simulointitilanteisiin. Moottoreiden pyörimisnopeuden säätö suunniteltiin tehtäväksi jännitettä muuttavilla lankapotentiometreillä, joilla kärryn molempien puolien pyörimisnopeutta voidaan simuloida välillä 0-57/83 km/h riippuen moottoreiden kuormituksesta, joka oletettavasti on aika pieni, koska pyörimismassat ovat pieniä. Kuviossa 12 järjestelmään suunniteltu sähkömoottori.



Kuvio 12. Sähkömoottori.

## 5.2 Rakentaminen

### 5.2.1 Mekaaninen simulaattori

Kuviossa 13 on esitelty alkuperäinen mekaanisilla osilla varustettu paineilmajarrusimulaattorin perävaunu. Kuvion kohdassa 2. sijaitsee perävaunun jarruventtiili pneumaattisella kuorman tunnistuksella. Tämä venttiili ohjaa jarrupainetta etummaiselle akselille ja ohjaa takimmaisten akselien releventtiiliä (kohta 4.) Kohdassa 3. on etummaisen akselin jousipaljetietoa simuloiva paineensäädin. Kohdassa 5. on mekaaninen jarruvoimansäädin (ALB-venttiili), joka ohjaa taka-akselien jarrutusvoi-

maa. Kohdassa 1. on simulaattorin akseleita simuloivat jarrukellot, joista kaksi pu-  
naista on jousijarrukelloja.



Kuvio 13. Mekaaninen paineilmajarrusimulaattori kärry.

### 5.2.2 Paineilmakomponenttien kokoonpano

Työ aloitettiin purkamalla kaikki mekaanisesti toimivat venttiilit ja ilmaletkut pois. Modulaattorille ei ollut tilaa simulaattorin yläpuolella, joten modulaattorin kiinnike päätettiin rakentaa simulaattorin alaosaan, jossa oli runsaasti tilaa. Tämän vuoksi kaikkia jarrukelloja jouduttiin kääntämään 180 astetta, jotta ilmalinjat olisi helpompi vetää modulaattorista jarrukelloille. Kuviossa 14 on esitelty modulaattorin kiinnittämiseksi suunniteltu kiinnikerauta.





Kuvio 14. Modulaattorin kiinnike.

Kiinnitysrautaan täytyi jättää maalamatonta osaa, jotta modulaattorin maadoitus toimii moitteettomasti. Asennusvaiheen ensimmäinen osa oli PEM-yksikön asennus modulaattoriin. Tämän jälkeen modulaattori ja PEM-yhdistelmä asennettiin kiinnikkeeseen. Kuviossa 15 modulaattori on asennettu kiinnikkeeseen ja siihen on asennettu pyörimisnopeusanturien johdot sekä virransyöttökaapeli, jossa on myös CAN-väylä.



Kuvio 15. Modulaattori ja PEM johdotuksineen.

Ilmalinjojen liitännät toteutettiin hyväksytyillä Raufossin pikaliittimillä. Vanhojen yksikalvoisten jarrukellojen kierteet olivat kuitenkin tuumakokoisia, jolloin ihan kaikissa paikoissa ei voinut käyttää Raufossin liittimiä, koska niitä ei enää ole saatavilla tuumakokoisina. Kuviossa 16 on modulaattoriin liitetty Raufossin pikaliittimiä, niissä toisessa päässä on kierre ja toisessa pikaliitântäpää. Muoviputki työnnetään liitimeen ja se lukittuu sinne, ja purku onnistuu enää vain erikoistyökalulla. Tuumakierteiset liittimet, joita simulaattorissa käytettiin, eivät ole hyväksytyjä käytettäväksi paineilmajarrujärjestelmissä. Simulaattorikäytössä niistä ei kuitenkaan ole vaaraa kenellekään.



Kuvio 16. Raufossin pikaliittimet.

Seuraavassa työvaiheessa modulaattorilta vedettiin ilmalinjat jarrusylintereille. Putkena käytettiin 12 mm taipuisaa muoviputkea, joka on yhteensopiva Raufossin liittimille. Modulaattorissa on 3 lähtöä jarrusylintereille molemmilla puolilla, joten 3-akselisessa simulaattorissa kaikki kanavat tulivat käyttöön. Kuviossa 16 on simulaattorin toisen puolen lähdöt jarrusylintereille. Kuviossa 17 niistä on vedetty ilmalinjat jarrusylintereille.



Kuvio 17. Ilmalinjat jarrusylintereille.

Ilmalinjojen viimeisessä asennusvaiheessa asennettiin PREV-venttiililtä syöttö- ja ohjauspainelinjat, säiliöliitännät, tristop-sylintereiden liitännät sekä ilmajousipalkeen painetta simuloiva painelinja. Kuviossa 18 on numeroitu modulaattoriin tulevat kyseiset liitännät seuraavan numeroidun luettelon mukaan:

1. Jousijarrusylintereille menevät seisontajarrun liitännät, jossa kaksi lähtöä on tulpattu, koska jousijarrusylinterit ovat vain yhdellä akselilla
2. Paineilmasäiliöille menevä syöttölinja
3. PREV-venttiilistä tuleva seisontajarrun kytkennän liitäntä
4. PREV-venttiilistä tuleva syöttölinja, josta järjestelmään tulee paine
5. Ilmajousipalkeen kuormitusta simuloivaan paineensäätimeen menevä liitäntä
6. PREV-venttiilistä tuleva ohjauspaine
7. Ohjauspaineen mittausliitin
8. Ilmajousituksen liitännät, jotka ovat tässä simulaattorissa tulpattuja, koska ilmajousitusta ei simuloida.
9. Modulaattorin takaosassa on vielä piilossa yksi liitäntä paineilmasäiliöiltä, joka toimittaa modulaattorin magneettiventtiileille ilman jarrutustapahtumaa varten.



Kuvio 18 Modulaattorin ohjaus-, säiliö-, mittaus-, tristop- ja jousipaljeliitännät.

Vetoauton duo-matic-liittimestä tulevat ohjauslinja ja syöttölinja tulevat kärryssä ensimmäisenä PREV-venttiiliin, jossa on perävaunun jarrujen vapautus-, seisontajarrun kytkentä- ja hätäjarrutustoiminto. Järjestelmän ollessa paineistettuna ja kärry irrotettuna vetoautosta voidaan mustasta napista vapauttaa kärryn jarrut. Punaisesta napista pystyy puolestaan kytkemään ja vapauttamaan pelkästään seisontajarrun. Järjestelmän ollessa paineeton näitä toimintoja ei voida käyttää ja silloin kärryssä ovat kytkeytyneenä ainoastaan jousijarrusylinterit eli tässä simulaattorissa yksi akseli. PREV-venttiiliin on rakennettu myös hätäjarrutustoiminto, joka alkaa kytkeä jarruja päälle säiliöpaineen laskiessa alle 4 baarin. PREV-venttiili päätettiin sijoittaa simulaattorin yläosaan kuvion 19 mukaisesti, jotta venttiiliä on ergonominen asento käyttää. Venttiilille tehtiin kiinnitysraudat ja se pultattiin simulaattoriin kolmella M3-pultilla.





Kuvio 19. PREV-venttiili.

### 5.2.3 ABS-anturit ja kehät

Komponenttien sijoittelun ja ilmalinjojen rakentamisen jälkeen perehdyttiin pyörimisnopeusanturien sijoittamiseen ja abs-kehien pyörimiseen. Abs-kehiksi valittiin 80-hampaiset raolliset kehät. Ne laakeroitiin 20 mm akselinpätkiin peltikuorisilla kuula-laakereilla, jotka kiinnitettiin kehiin hitsaamalla kuvion 20 mukaan.



Kuvio 20. Abs-kehäpaketti.

Akseleiden päihin hitsattiin lattaraudasta kiinnikkeet ja ne pultattiin simulaattoriin kiinni. Laakeri on lukittu sisäkehältä akseliin lukitusruuvilla, joten kehän ja anturin välistä etäisyyttä voi tarvittaessa säätää. Abs-anturit kiinnitettiin simulaattoriin erillisillä abs-antureiden pidikkeillä, jotka pultattiin simulaattorin runkoon. Kuviossa 21 näkyy valmis paketti kiinnitettynä simulaattoriin.



Kuvio 21. Abs-kehä ja anturointi.

Abs-kehän pyörittäminen toteutettiin moottoreihin tehdyillä remmilaipoilla, joka tuo joustavuutta pyörimistapahtumaan. Kuviossa 22 on valmis simulaattoriin ja abs-kehäpakettiin kiinnitetty sähkömoottoripaketti.



Kuvio 22. Sähkömoottoripaketti.

### 5.2.4 Virransyöttö ja vikadiagnostiikka

Virta perävaunujen EBS-järjestelmään tuodaan normaalisti 7-napaisella ABS-johdolla. Tässä simulaattorissa jännite järjestelmään tulee erillisestä säädettävästä jännitelähteestä. Jännitelähteestä on tuotu johdot ABS-pistotulppaan virran syöttämiseksi. Samoista nastoista on otettu jännite myös 24 V:n jännitteellä toimiviin ABS-kehiä pyörittäviin sähkömoottoreihin. Kuviossa 23 on esitelty ABS-pistotulppa, josta lähdöt sähkömoottoreille ja jännitelähteelle. Kuviossa 24 on portaattomasti säädettävä jännitelähde 0-30 V:n säätöalueella.



Kuvio 23. ABS-pistotulppa.



Kuvio 24. Jännitelähde 0-30V.

Simulaattorin ohjelmointia, vikakoodien lukua ja parametrien muuttamista varten hankittiin kuvion 25 mukainen vikadiagnostiikkatyökalusalkku. Salkussa on adapteri ABS-pistokkeiden väliin, jotta ohjainlaitteeseen päästään käsiksi tietokoneohjelmalla.



Kuvio 25. Diagnostiikkasalkku.

### 5.3 Opiskelijatyön suunnittelu

#### 5.3.1 Ensimmäinen vaihe

Laboratoriotyön ensimmäisessä vaiheessa opiskelijat tutustuvat järjestelmään alkeista lähtien. Ensimmäisessä tehtävässä opiskelijat voisivat nimetä järjestelmän



komponentit ja selvittää komponenttien keskeisimmät tehtävät. Toisessa tehtävässä järjestelmän käyttöä opeteltaisiin ja opiskelijat voisivat kokeilla järjestelmän paineistamista ja jarrutustapahtumaa sekä käyttää PREV-venttiilin vapautus-, seisonta- ja hätäjarrutustoimintoja. Jarrutustapahtuman ABS-toiminnon simulointi ajettaessa simulaattorilla kuuluisi myös tähän.

### **5.3.2 Toinen vaihe**

Työn toisessa vaiheessa simulaattoriin liitetään diagnostiikkakaapeli ja otetaan yhteys sen ohjainlaitteeseen. Modulaattorin käyttöönotto on eräs keskeisimmistä asioista raskaan kaluston kääryjen valmistuksessa ja opiskelijat voisivat tehdä samantyyllisen käyttöönoton simulaattorin modulaattorille. Siinä modulaattoriin ohjelmoidaan rengaskoko, ABS-kehien hammasluku, jarrusylintereiden koot, akseleiden tyyppi ja maksimi kantavuudet, ja sen mukaan säädetyt arvot jousipaljepainetiedoista saatavaan jarruvoiman säätöön. Lopuksi voidaan keskittyä vianhakuun tekemällä esimerkiksi abs-johtimeen vika ja tutkimalla, miten laite reagoi tilanteeseen ja mitä muita mahdollisia vikakoodeja simulaattori saadaan antamaan.

## 6 YHTEENVETO

Nykyaikaiset raskaan kaluston jarrujärjestelmät ovat poikkeuksetta EBS-järjestelmällisiä. Niissä on paljon sähkötoimisia venttiileitä ja ohjauselektroniikkaa. EBS-jarrusimulaattori tuli tarpeeseen autolaboratorion laitteistoon, koska mitään vastaavaa käytännön opiskeluvälinettä EBS-järjestelmiin liittyen ei autolaboratoriossa ole ollut. Jarrujärjestelmien korjaaminen ja vianhaku ovat nykyään suuressa osassa raskaan kaluston korjaamoissa, ja tietämystä niihin liittyen tarvitaan aina korjaamon työnjohdosta lähtien. Komponentit ovat kalliita ja tällöin turhilta liikkeiltä täytyy välttyä. Simulaattori luo hyvän opiskelualustan järjestelmien perustietämykseen, varsinkin jos kiinnostusta järjestelmiin on ripauskin.

Työ alkoi kokonaisuudessaan osakomponenttien toimittajia haastatellessa. Toimittajaksi valikoitui Trailcon Oy. Suurena haasteena työn alullepanossa oli saada yhteys yrityksessä sellaiseen henkilöön, joka asiaa alkoi hoitamaan. Prosessi edistyi ensin todella hitaasti erilaisten selvitystöiden vuoksi. Osien hintatiedoista sovittiin, että ne ei saa tulla julkisuuteen, mutta hinnat onnistuttiin pitämään maltillisina budjetissa pysymiseen. Ennen lopullista tilausta käytiin haastattelemassa Käyttöauto Oy:ssä raskaan kaluston varustamolla työnjohtajaa, joka esitteli vikadiagnostiikkalaitteita ja EBS-järjestelmiä kärryihin liittyen. Simulaattorin valmistuksen pohjatyö tehtiin näin ollen hyvin.

Työn teoriaosuus vaati melko paljon aikaa erilaisten komponenttien toimintaperiaatteiden opettelussa ja lakitekstien tulkinnoissa. Työ oli melko käytäntöpainotteinen, mutta aikaa jäi silti hyvään teoreettiseen kuvaukseen. Oma mielenkiinto säilyi koko työn ajan. Motivaationlähteenä toimi kiinnostukseni erityisesti raskaan kaluston tekniikkaan.

Simulaattorin valmistuksen aikataulu alkoi venyä kevättä kohden mennessä, kun aikaa ei meinannut loppukeväästä riittää. Omat työkuviot veivät ajasta suuren osan. Simulaattorin kokoonpano onnistui ilman suurempia ongelmia, ja simulaattori toimi moitteettomasti heti.

Työn loppuvaiheessa ongelmaksi muodostui Wabcon vikadiagnostiikkaohjelman käyttäminen. Järjestelmän vikadiagnostiikkaohjelmisto vaatii PIN-koodin, jonka saa

käytyä EBS-järjestelmään liittyvän kurssin, jonka opettajan oli määrä käydä jo keväällä. Kurssin käyminen viivästyi syksyyn, joten simulaattorin ohjainlaitteeseen ei päästy työn lopuksi käsiksi, mikä on ainut harmittava tekijä työssä.

Raskaan kaluston jarrujärjestelmät ovat melko laaja käsite ja työ onnistuttiin heti alkuvaiheessa rajaamaan käsittelemään pelkästään kärryissä olevia EBS-järjestelmiä. Työn alussa itselläni oli mielestäni hyvä tietämys aiheeseen liittyen. Työn edetessä asioihin tuli kuitenkin paljon uusia oivalluksia, ja työ oli tekijälle erittäin opettavainen.

## LÄHTEET

- Bendix Commercial Vehicle Systems. 2005. [Kuva]. [Viitattu 4.5.2017]. Saatavissa: <https://www.google.com/patents/US7020551>
- Bosch. 2014. Automotive Handbook. 9th Edition. Karlsruhe: Robert Bosch GmbH.
- Jalava, U., Keskinen, E., Keskinen, S. & Tiuraniemi, J. 2001. Simulaatio-oppiminen: henkilöstön kehittämisen välineenä. Turku: Painosalama.
- L 081 98/12/EY. Komission direktiivi 98/12/EY, annettu 27 päivänä tammikuuta 1998, moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen jarrulaitteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annetun neuvoston direktiivin 71/320/ETY mukauttamisesta tekniikan kehitykseen.
- Mylläri, A., Rantala, J. & Sirola, J. 2003. Auto- ja kuljetusalan erikoistumisoppi 4: alusta- ja hallintalaitteet 2. Helsinki: Otava.
- Ollila, M. 2017. Työnjohtaja. Käyttöauto Oy. Haastattelu 10.02.2017.
- Salakari, H. 2009. Toiminta ja oppiminen: koulutuksen kehittämisen tulevaisuuden suuntaviivoja ja menetelmiä. Helsinki: Hakapaino.
- Salakari, H. 2010. Simulaattorikouluttajan käsikirja. Helsinki: Hakapaino.
- Unece sääntö nro. 13 – M-, N- ja O-luokan ajoneuvojen jarrulaitteiden hyväksyntää koskevat yhdenmukaiset vaatimukset. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.3.2017]. Saatavissa: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:42016X0218\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:42016X0218(01))
- Wabco TailGUARD. 2014. TailGUARD for trailers. [pdf-dokumentti]. Wabco. [Viitattu 05.03.2017]. Saatavissa: <http://www.wabco-auto.com/products/category-type/trailer-adas/tailguard-for-trailers/>
- Wabco TEBS E. 2014. Wabco TEBS E Mallit TEBS E0-E4. [pdf-dokumentti]. Wabco. [Viitattu 25.02.2017]. Saatavissa: <http://inform.wabco-auto.com/intl/en/index.html>
- Ylinen, H. 3.5.2017. Lehtori. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Kuvia opetusmateriaalista. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Matias Saarela. [Viitattu 4.5.2017].